

高水分牧草サイレージに対するサイレージ用乳酸菌「サイマスター」の効果 (平成26年度 北海道指導参考事項に認定)

はじめに

イネ科主体の牧草サイレージは、北海道内における主要な自給粗飼料であり、良質な牧草サイレージを調製することは、乳牛の嗜好性を高め、自給飼料を多給した乳生産につながります。良好なサイレージ発酵のためには、¹⁾ 雑草の少ない原料草を用いる、²⁾ 予乾による水分調整を行う、³⁾ 十分に踏圧・密閉をすることなどがが必要です。北海道における草地更新率は3%台であり、シバムギやリードカナリグラスなどの地下茎型イネ科雑草の侵入により、イネ科草地のチモシー割合は50%以下の畑が多いのが現状です。また、コントラクターやTMRセンターなどが普及し、大規模な収穫・調製作業体系において収穫作業効率が優先されることにより、予乾が不十分となる場合があります。生産現場では雑草割合が高く、高水分の原料草でサイレージ調製をしているのが現状であり、発酵品質の低下が問題となっています。今回は、弊社サイレージ用乳酸菌：サイマスターACの高水分牧草サイレージに対する効果について、北海道立総合研究機構根釧農業試験場と共同で取り組んだ試験結果を中心にご紹介いたします。

1. サイマスター乳酸菌の特徴

サイマスターには、牧草やサイレージから分離された1,000株を越える乳酸菌から選抜した2種類の菌株が使われています。特性の違う2つの乳酸菌を組み合わせることで、今までにない乳酸発酵促進効果を実現することができました。1つは乳酸球菌の *Lactococcus lactis* (ラクトコッカス・ラクティス)：SBS0001株で、サイレージ中での増殖が非常に速く、初期の雑菌の増殖を抑えます。しかし、耐酸性が弱いことからpHが下がり始めると菌数が減少します。もう1つは乳酸桿菌の *Lactobacillus paracasei* (ラクトバチルス・パラカゼイ)：SBS0003株で増殖スピードはSBS0001株より若干遅いものの、耐酸性

が非常に強く、発酵後半でも高い菌数を維持してしっかりとpHを下げて酪酸菌の増殖を抑えます(写真1)。

この乳酸菌をアルファルファサイレージに添加したときの乳酸菌数の推移を調査したところ、SBS0001株は発酵1日目10,000倍に増殖し(サイレージ1gあたり10万個添加したものが10億個まで増殖)、3日目から7日目にかけて減少しますが、SBS0003株が3日目以降に同じレベルまで増殖し、その後、発酵後半まで高い菌数を維持する傾向がわかりました。サイマスターはこの2つの乳酸菌によって、発酵の直後から後半まで添加した乳酸菌がサイレージ中で優占することで、酪酸菌を含めた雑菌を抑え、良好な発酵品質に繋がると考えられます。

2. 牧草から糖を供給するアクレモ酵素

乳酸菌がサイレージ中で乳酸発酵するためには、エサとなる糖分が必要ですが、特に牧草類には乳酸菌が利用できる糖分が不足するケースがあります。この糖不足を解決するために、弊社では牧草専用の繊維分解酵素「アクレモ酵素」を開発しております。アクレモ酵素によって牧草の繊維の一部を分解して乳酸菌のエサとなる糖類を作り、この糖を利用して



写真1 サイマスター乳酸菌の電子顕微鏡写真
(撮影：雪印メグミルク ミルクサイエンス研究所)

サイマスターの乳酸菌が乳酸発酵を促進します（図1）。このように糖を供給しながら乳酸発酵を促進させることから、様々な草種に対応することができ、安定した発酵品質改善効果が期待できます。弊社では乳酸菌のみのサイマスターLPと（中水分の牧草やトウモロコシなどの飼料作物向け）、乳酸菌＋アクレモ酵素のサイマスターAC（低糖分・高水分牧草や食品製造副産物向け）という商材を用意しております。

3. 各種イネ科草種に対する効果

北海道の草地の植生を悪化させたシバムギやリードカナリーグラスといった地下茎型イネ科草種は、乳酸菌が利用できる糖分がチモシーに比べて少なく、発酵初期におけるVBN（揮発性塩基態窒素、主にアンモニア）の発生が多いことから良質なサイレージになりにくい材料です。このシバムギやリードカナリーグラスで行った小規模サイロの試験では、無添加ではかなり劣質なサイレージとなりましたが、サイマスターACを添加したサイレージは、良好な乳酸発酵を示し（図2）、発酵品質を100点満点で評価するVスコアも大幅に改善しました。また、発酵品質の改善に伴って、栄養価も改善されて

TDNは無添加に比べて5%程度高くなりました（表1）。なお、サイレージの発酵品質と栄養価の関係については、本誌第61巻2号（2013年）をご参照ください。

北海道でメインの草種であるチモシーは、これらの地下茎型イネ科草種に比べると乳酸発酵しやすい材料ですが、あえて酪酸発酵しやすくするために、人為的に酪酸菌を添加して調査を行ったところ、やはりサイマスターACは無添加よりも酪酸発酵を抑える傾向がありました（図3）。

4. 実規模サイロにおける試験（根釧農試との共同試験）

牧草サイレージの発酵品質を悪化させる要因として、春のスラリー散布時期が指摘されています。春のスラリー散布が遅れて1番草収穫までの期間が短いと、原料草にスラリーが付着したまま収穫されて、スラリーに含まれる大量の雑菌によって発酵品質が悪くなるのです。これを想定して、スラリーを早く散布した場合と、遅く散布した場合の材料でスタックサイロを調製して、サイマスターACの添加効果を検討しました（スラリー散布：早期：5月7～8日、晩期：5月27～28日、サイレージ調製：6

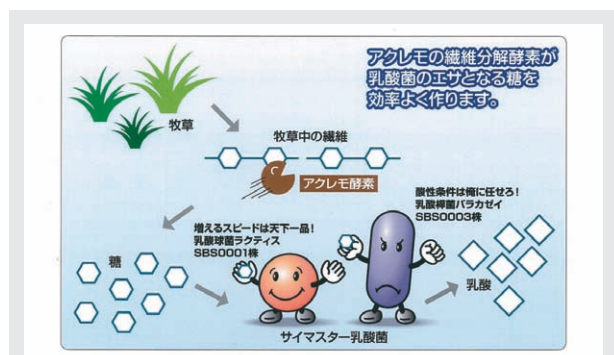


図1 サイレージ中のアクレモ酵素と乳酸菌の働き

表1 地下茎型イネ科草サイレージの化学成分（雪印種苗、2012）

化学成分 (乾物中%)	シバムギ		リードカナリーグラス	
	無添加	サイマスターAC	無添加	サイマスターAC
CP	12.7	13.2	7.3	9.5
NFC	8.7	18.9	5.9	12.5
NDF	69.5	60.1	78.3	69.9
TDN	61.9	66.0	52.1	57.4

CP：粗タンパク質、NFC：非繊維性炭水化物
NDF：中性デタージェント繊維、TDN：可消化養分総量

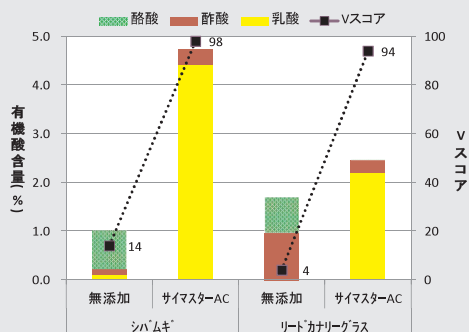


図2 地下茎型イネ科草サイレージの発酵品質（予乾なし、雪印種苗、2012）

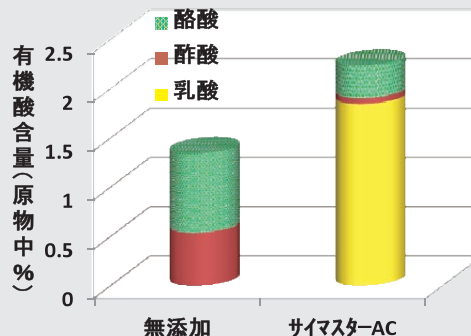


図3 チモシーサイレージの有機酸含量（予乾なし、酪酸菌添加、雪印種苗、2011年）

月28～29日)。

シバムギが乾物重比で70%混入したチモシーの一番草で、水分含量は82%と高く、水溶性炭水化物(WSC)含量は乾物中8.0%であり、良質な発酵のために必要とされるWSC含量(乾物中10～15%)よりやや低い材料でした(表2)。サイレージの発酵品質にスラリー散布時期の差はありませんでしたが、晩期散布の材料においてもサイマスターAC添加は無添加に比べて乳酸発酵が促進されて、Vスコアは改善される傾向にありました(表3)。無添加でもVスコア:75点で劣質なレベルではなかったことから、その後の給与試験における乾物摂取量や乳生産に差はありませんでしたが、高水分で、地下茎型イネ科雑草割合の高い原料草を使ったスタックサイロにおいて、サイマスターAC添加により発酵品質の改善が認められました。

5. 北海道内の高水分牧草サイレージでの添加効果

サイマスター販売初年目の2012年の北海道の牧草一番草サイレージの傾向について、発酵品質が悪くなりやすい高水分のサイレージに絞って、弊社の粗飼料分析サービスのデータを整理してみました。2012年8月～2013年6月の間に弊社分析グループで受け入れた北海道内の牧草1番草サイレージのうち、水分75%以上のサンプルを調査対象としました。262件の農家を添加材ごとに分けて(無添加:87件、サイマスター:115件、蟻酸:60件)、発酵品

質や栄養価の傾向を調査しました。

有機酸組成では、サイマスターは無添加より乳酸含量が多く、酢酸含量が少ない傾向、蟻酸は、乳酸含量は高くないものの、酢酸含量が少ない傾向にありました(図4)。Vスコアは無添加が平均で70点程度に対して、サイマスターと蟻酸は85点前後でした。高水分の牧草サイレージには酢酸発酵の抑制に蟻酸添加が推奨されますが、サイマスター添加でも蟻酸と同レベルの良質なサイレージが調製されていました。

更に2013年についても同様の調査を行い、無添加延べ191件、サイマスター延べ296件について、Vスコアランクごとの割合を調査したところ、Vスコア60点以下で不可と判定される牧草サイレージの割合は、無添加が32%であったのに対して、サイマスター添加農家は15%と少ない傾向にありました(表4)。サイマスター利用農家でも15%で発酵品質が悪い傾向にありましたが、発酵品質が悪くなる要因の一つに施肥方法(量、時期)が不適切であることが考えられます。

草地へのスラリー施肥量が過剰または施用から収穫までの期間が短いと、サイレージの不良発酵の指標であるVBN含量が高くなる傾向にあります。そこでサイレージの粗蛋白質(CP)含量をVBNで補正した値(サイレージ成分分析前の乾燥処理で揮発してしまうVBNの蛋白質換算量をCPに加えた値、

表2 原料草の草種構成および化学成分(根釧農試、2013)

草種構成(乾物中%)	構成率
チモシー	18
シバムギ	70
レッドトップ	1
白クローバ	5
広葉雑草など	6
栄養成分	成分含量
水分(%)	82.4
CP(乾物中%)	13.3
NDF(乾物中%)	61.1
WSC(乾物中%)	8.0

表3 牧草サイレージの発酵品質(根釧農試、2013)

添加材 スラリー施用時期	無添加		サイマスターAC	
	早期散布	晩期散布	早期散布	晩期散布
pH	4.30	4.26	4.03	3.96
乳酸(原物中%)	0.49	0.52	1.11	1.11
酢酸(原物中%)	0.66	0.57	0.62	0.42
酪酸(原物中%)	0.04	0.03	0.00	0.00
VBN/TN(%)	10.7	12.0	7.8	7.9
Vスコア	76.4	75.5	90.4	91.3

VBN/TN:揮発性塩基態窒素/総窒素

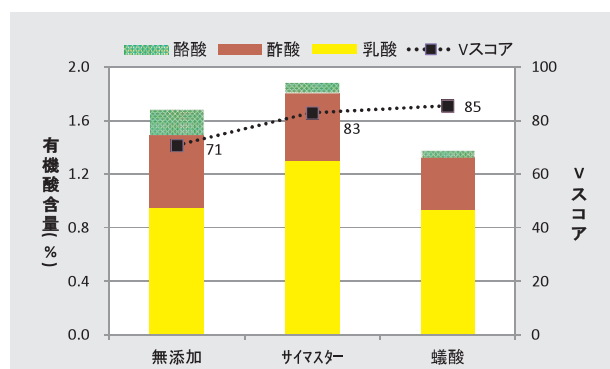


図4. 北海道2012年産牧草一番草サイレージの発酵品質(水分75%以上のみ、雪印種苗)

表4 Vスコアランクごとの割合(道内2012、2013年産、一番草、水分75%以上)

Vスコア	無添加 n=191	サイマスター n=296
0～60点 : 不可	31.9% (61)	14.9% (44)
60～80点 : 可	23.6% (45)	27.7% (82)
80～100点 : 良	44.5% (85)	57.4% (170)

() 内は件数

(雪印種苗、2014年)

サイレージ原物中の窒素含量に近い値となる）を用いて、発酵品質との関係を検討しました（表5）。Vスコアが低いと、補正CP含量が15%以上（イネ科主体一番草サイレージとしてはCP含量が高すぎる）のサイレージの割合が高い傾向にあり、Vスコア60点以下の25%でスラリー施用法が不適切なことによる発酵品質の低下が示唆されました。

6. 牧草サイレージ発酵品質の改善事例

最後にスラリー施用法の改善と合わせてサイマスターを利用することで、牧草サイレージの発酵品質を改善した現地事例を紹介します。この根室管内A牧場は経産牛250頭を飼養する大規模牧場ですが、牧草サイレージは発酵品質が悪く、酪酸含量が高い傾向が続いていました。聞き取り調査により草地への施肥内容を確認したところ、2010年以前は5月上旬から1ヶ月かけてスラリーを施用していたため、施用から一番草収穫までの期間が短い圃場があり、施用量も多いことが分かりました。そこで、2011年以降は、春のスラリー施用を中止し、一番草刈取後と秋の施用のみに変更しました。2010年産の牧草サイレージは、弊社サイレージ用乳酸菌を添加しても、Vスコアは平均28点と発酵品質は劣質でした（表6）。スラリー施用時期を変更した2011年産の牧草サイレージは、無添加では劣質でしたが、サイマスター添加ではVスコア92点となり、発酵品質は大幅に改善しました。

この牧場では牧草サイレージの発酵品質が悪くなってから、臨床性の乳房炎が多発し、乳房炎による廃棄頭数は30頭を超えていました。酪酸発酵サイレージの長期間給与により肝機能障害が起こり、更

に免疫力が低下して臨床性乳房炎を引き起こしていたと思われます。牧草サイレージの発酵品質改善に取り組んだことで、2011年産の無添加サイレージを給与していた2012年7月と比較すると、月の平均廃棄頭数（初乳、乳房炎など）は半分近くに減り（図5）、出荷牛の平均乳量は6.8kg増えました。発酵品質の改善に伴ってサイレージの栄養価も改善していることが乳量増加に繋がっていると思われます（牧草サイレージの給与割合は乾物比で35%から40%に増加）。サイレージの酪酸発酵が酪農経営に大きく影響することを実感する事例でした。

最後に

この項目3～6の試験成績は、北海道農業試験会議で検討され、**高水分牧草サイレージに対するサイマスターの添加効果が認められ**、北海道の**指導参考事項**となりました。しかし、これらの添加資材は、サイレージの発酵品質を改善するアイテムの一つにすぎません。今回はスラリー施用法を中心にお話ししましたが、サイレージ調製にはそれ以外にも多くのポイント¹⁾があり、それらと合わせてサイマスターをご利用いただくと、より良質なサイレージ調製が可能となると考えています。また、今回は北海道の牧草サイレージに対する効果をお話ししましたが、サイマスターは日本全国で販売しております。それ以外の材料に対する効果については、**本誌第62巻2号**（2014年）をご参照いただければ幸いです。

参考文献

- 1) 根室生産農業協同組合連合会発行、根室農業改良普及センター監修、サイレージの達人(2010年)

表5 補正CP含量が15%以上の割合（道内2012、2013年産、一番草、水分75%以上）

Vスコア	無添加 n=191	サイマスター n=296
0～60点 : 不可	21.3% (13/61)	25.0% (11/44)
60～80点 : 可	11.1% (5/45)	22.0% (18/82)
80～100点 : 良	4.7% (4/85)	11.8% (20/170)

() 内は件数 (2014年、雪印種苗)
補正CP含量：風乾処理により揮発するVBNを加えた粗タンパク質含量

表6 牧草1番草のサイレージ発酵品質の改善（北海道A牧場）

調製年	2010年	2011年	2012年
早春スラリー散布	従前通り散布	散布制限	散布制限
添加材	アクレモコンク	無添加	サイマスターAC
pH	4.8	4.4	3.7
酪酸（原物中%）	0.61	0.30	0.02
VBN/TN（%）	24.0	20.6	7.5
Vスコア	28	32	92

(2013年、雪印種苗)

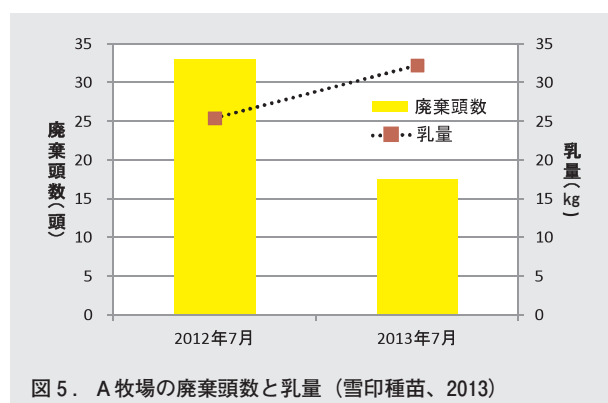


図5. A牧場の廃棄頭数と乳量（雪印種苗、2013）